# Unshielded Twisted Pair (UTP)

**De goedkope UTP-kabels (Unshielded Twisted Pair) met hun handige en kleine RJ-connectoren hebben de moderne telecommunicatie veroverd. U komt ze overal tegen: bij telefoons, bij modems, bij netwerken, bij het verzenden van audio en video. Wij geven een overzicht van alle typen met hun toepassingen.**


**Auteur:** Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
**Email:** josverstraten@live.nl


**Publicatiedatum:** 31-01-2019


## Registered Jacket

### Een universele standaard

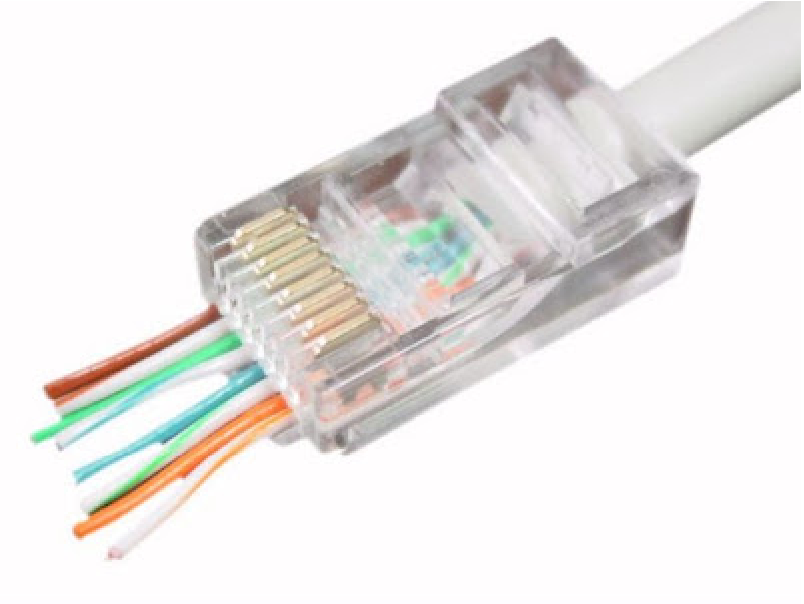
RJ is het letterwoord van *'**R**egistered **J**acket'*, een benaming die er op wijst dat het soort connector in Amerika als standaard is geregistreerd. De codering *'RJ'* maakt deel uit van de *'Universal Service Ordering Code'* (USOC) en werd in de zeventiger jaren van de vorige eeuw ingevoerd door Bell Systems. Nadien werd de connector overgenomen door het grote bedrijf AT&TO, hetgeen de doorbraak als standaard betekende.
De serie RJ-connectoren omvat diverse soorten die in wezen alleen van elkaar verschillen in het aantal contacten. U weet natuurlijk hoe die connectoren er uitzien, u moet alleen maar even naar uw vaste telefoon kijken om de specifieke vormgeving, zie onderstaande figuur, van deze connectoren te herkennen.



*De specifieke vormgeving van de RJ-connectoren. (© Hirschmann Multimedia)*

### Geperste, vergrendelde connector

Het lichaam van de mannelijke connector is meestal transparant uitgevoerd en klikt via een vergrendeling in het vrouwelijke chassisdeel. Via een hendeltje kunt u deze vergrendeling opheffen en de connector weer uit het chassisdeel trekken.
Er komt bij de connectoren van de RJ-serie geen schroefje aan te pas. De aders van de kabel worden in de connector geperst, waarbij scherpe vorktandige metalen delen door de isolatie dringen en het contact met de ader van de kabel tot stand brengen, zie onderstaande figuur. Dit op zich handige en goedkope systeem schrikt echter de doe-het-zelver af. Ten onrechte, want het is helemaal niet moeilijk om zélf een RJ-connector aan een kabel te monteren. Er bestaan tegenwoordig zelfs *'toolless'* RJ-connectoren die u zonder speciale tang aan een kabel kunt monteren.



*Het contact tussen de aders van de kabel en de connectorcontacten*
*komt tot stand door vorktanden die door de isolatie dringen. (© onlinekabelshop.nl)*

**RJ-connectoren in de praktijk**
De combinatie van RJ-connectoren met UTP-kabels is een absolute standaard in de telecommunicatie geworden. Dergelijke kabels die tegenwoordig in allerlei kleuren en lengtes worden aangeboden, worden onder andere gebruikt voor:

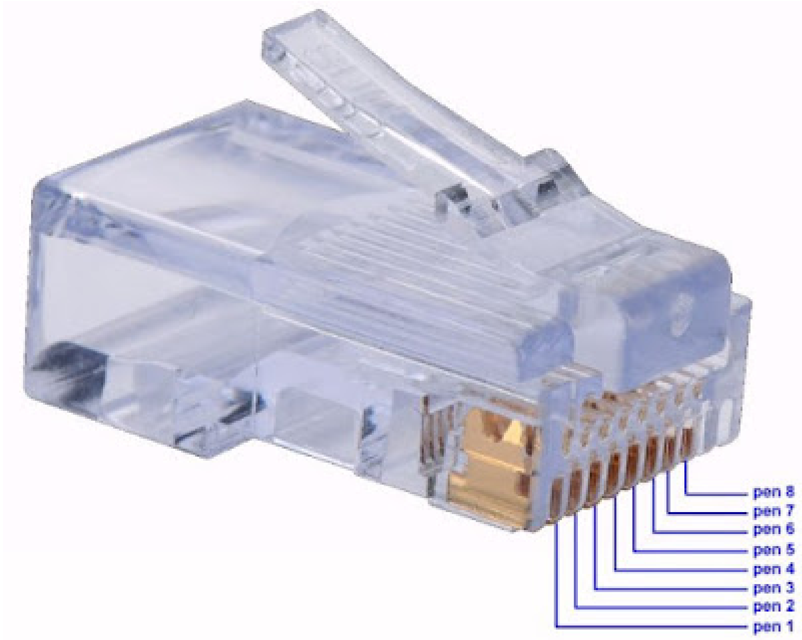
- Aansluiten van een analoge telefoon.
- Aansluiten van de hoorn op het telefoontoestel.
- Aansluiten van een fax.
- Aansluiten van een modem.
- Opbouwen van een ADSL-verbinding.
- Samenstellen van een 10base-T Ethernet netwerk.
- Samenstellen van een 100Base-TX Fast Ethernet netwerk.
- Samenstellen van een 1000base-T Gigabit Ethernet netwerk.
- Verzenden van analoge audio via een balun.
- Verzenden van analoge video via een balun.

Kortom, iedere elektronicus moet op de hoogte zijn van de in’s en out’s van de RJ-technologie.

## Soorten RJ-connectoren

**Inleiding**
De reeks RJ-connectoren bevat een groot aantal typen die we nu samen met u gaan doornemen. Sommige typen worden echter nauwelijks nog gebruikt, zodat ze alleen voor de volledigheid worden vermeld. RJ-connectoren worden gekenmerkt door het aantal mogelijke contacten en het aantal daadwerkelijk aanwezige contacten. De eerste grootheid wordt gedefinieerd door 'P' (Position), de tweede door 'C' (Conductor). Een RJ11-6P4C connector heeft dus plaats voor zes contacten waarvan er echter maar vier in gebruik zijn.

**Nummering van de positions**
De positions staan in één rij en het is dus belangrijk om te weten hoe deze worden genummerd. In onderstaande figuur is de standaard nummering weergegeven. Als u de mannelijke connector vasthoudt als weergegeven met het hendeltje naar boven, dan worden de positions oplopend van links naar rechts genummerd. Let echter op! Vanwege de constructie lijkt het er op alsof ook een mannelijke connector gaatjes heeft. De mannelijke connector heeft aan de onderkant duidelijk waarneembare vergulde contactstrippen. Een vrouwelijke connector heeft één groot gat, waarin de volledige mannelijke connector past.




*De standaard nummering van de positions op een mannelijke connector.*
*( 2019 Jos Verstraten)*

**Elektrische specificaties**
Alle RJ-connectoren moeten aan de volgende elektrische specificaties voldoen:
- **Spanning tussen de contacten:** 250 V max.
- **Stroom door één contact:** 2 A max.
- **Isolatieweerstand tussen twee contacten:** 500 MΩ min.
- **Overgangsweerstand van een contact:** 35 mΩ max.
- **Contactmateriaal:** opgedampt goud over 50 µm nikkel op koper

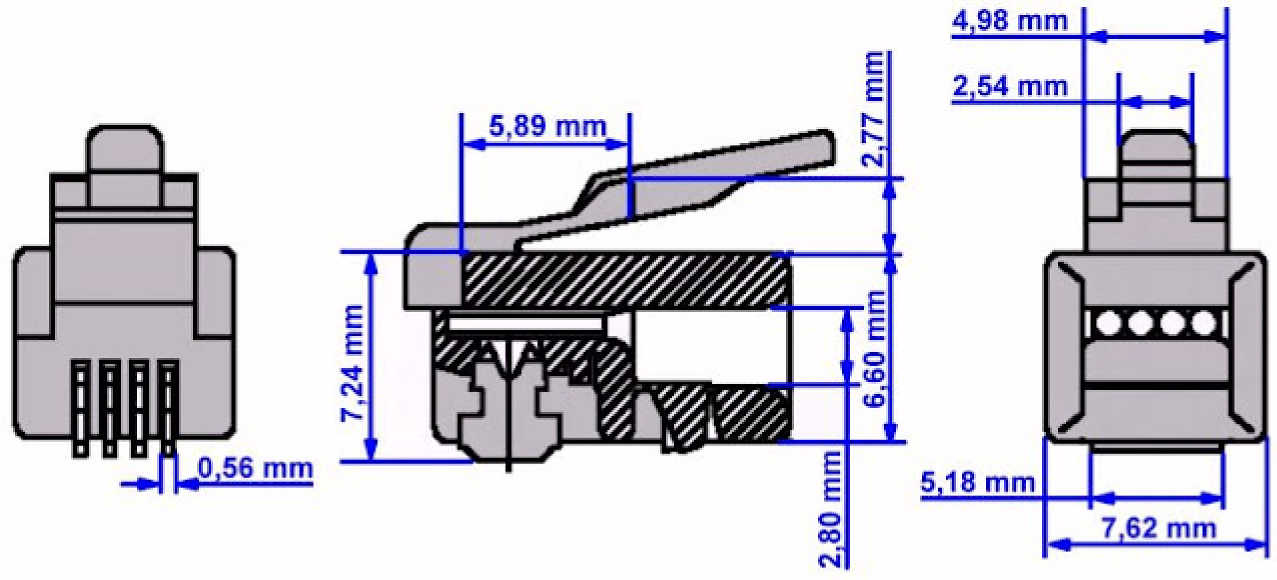
**RJ11**
De RJ11 heeft, in de originele standaard uitvoering, maximaal vier positions die soms alle vier worden gebruikt maar waar soms alleen de twee middelste van contacten zijn voorzien. De uitvoering is geschetst in onderstaande figuur. Deze connector wordt gebruikt voor het aansluiten van een analoge telefoon, fax of modem. Vaak treft u een RJ11 aan op het uiteinde van het snoer waarmee de hoorn met uw vaste telefoon wordt verbonden.



*De originele RJ11 heeft maximaal vier positions. (© AliExpress)*

**RJ12**
De RJ12 is in feite een *'opgevoerde'* RJ11 die over zes posities beschikt waarvan er vier in

gebruik zijn. Omdat de originele RJ11 in moderne apparatuur niet meer wordt gebruikt noemt men dit type vaak RJ11-6P4C, maar correct is dat niet. De afmetingen volgen uit onderstaande figuur. De RJ12 heeft de plaats van de RJ11 ingenomen en u treft deze connector tegenwoordig aan bij telefoons, modems en faxen.




*De afmetingen van een RJ12 connector. (© 2019 Jos Verstraten)*

**RJ13**
De RJ13 is een gemodificeerde uitvoering van de RJ12 die echter alleen voor speciale telefoon applicaties wordt gebruikt. U zult er vast nooit mee te maken krijgen.

**RJ14**
Wordt gebruikt voor het verbinden van twee telefoons in een huisinstallatie. Ook dit type zult u in de dagelijkse praktijk niet tegen het lijf lopen.

**RJ15**
Is een waterbestendige professionele uitvoering van de RJ11. Deze connector wordt voornamelijk toegepast in de vliegtuigbouw en de militaire industrie.

**RJ16**
Ook deze connector wordt voor specifieke analoge telefoon toepassingen gebruikt en is vrijwel uitgestorven.

**RJ17**
Lijkt op de RJ11 en wordt voornamelijk gebruikt in medische apparatuur, onder andere ECG-monitoren.

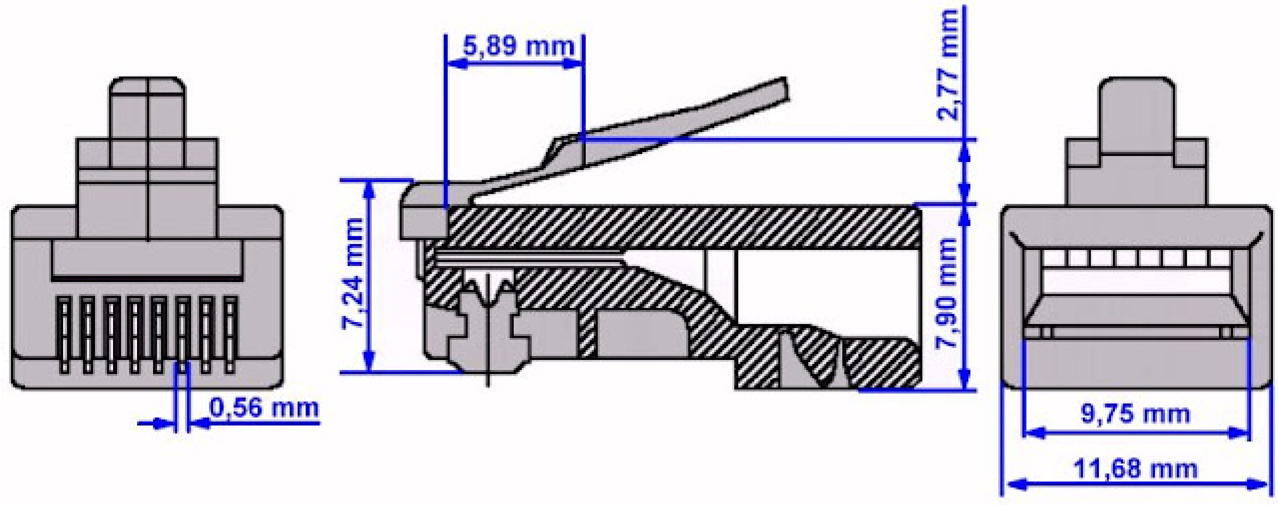
**RJ18 en RJ19**
Ook deze connectoren werden toegepast in voornamelijk Amerikaanse analoge telefoon installaties.

**RJ21, RJ22, RJ23, RJ24, RJ25, RJ26 en RJ27**
Werden gebruikt in Amerikaanse multi-lijn telefoon installaties. Zo biedt de RJ25 toegang tot drie lijnen en de RJ27 tot acht lijnen.

**RJ3x**
In deze reeks zitten diverse connectoren die iets te maken hebben met het gezamenlijk verbinden van een telefoon en modem met de telefoonlijn.

**RJ45**
Dit is uiteraard een zeer actueel model, immers vrijwel alle Ethernet netwerken maken

gebruik van deze connector. De RJ45 heeft acht posities die meestal allemaal in gebruik zijn. De afmetingen volgen uit onderstaande figuur. De RJ45 is dé standaard connector voor bekabeling van ISDN-apparatuur, seriële RS232 verbindingen en netwerken volgens de 10base-T, 100base-TX en 1000base-T standaarden. Bovendien treft u deze connector ook aan op alle apparatuur waarmee analoge audio en video via UTP-kabels wordt verstuurd.

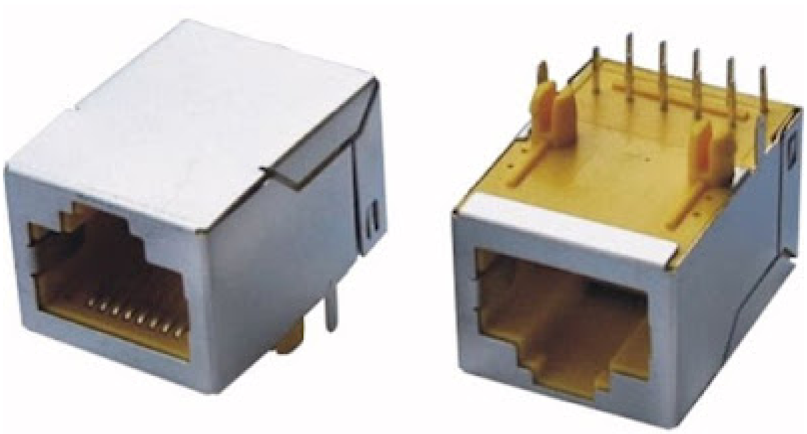



*De afmetingen van een RJ45 connector. (© 2019 Jos Verstraten)*

## De RJ-female connector

### Inleiding

UTP-kabels worden geleverd met aan weerszijden een mannelijke RJ-connector. De vrouwtjes zitten op de apparatuur die via de kabel(s) wordt verbonden. Het vrouwtje heeft, zie onderstaande figuur, één grote opening waar de gehele mannelijke connector in past. Aan de onderzijde zitten vergulde contactstrippen die contact maken met de strippen op de mannelijke connector. Aan de bovenzijde is een voorziening aangebracht die ervoor zorgt dat de mannelijke connector in het vrouwtje klikt en alleen los komt na het indrukken van het hendeltje.
De pennen worden uiteraard van links naar rechts genummerd met 8 tot en met 1.
In de onderstaande foto zit het hendeltje van de mannelijke connector aan de bovenzijde van de vrouwelijke connector en de printpennen aan de onderzijde. Dat is logisch, u kunt dan met de duim het hendeltje indrukken terwijl u de mannelijke connector uit het vrouwtje trekt. Toch treft u veel vrouwtjes aan waar het hendeltje beneden zit, dus op de print. Let op dit verschil bij het tellen van de positions!



*Een female RJ45 connector. (© Alibaba)*

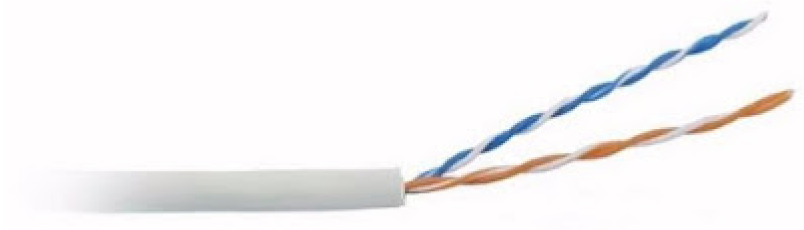
### Maximale compatibiliteit

Een handige voorziening van de RJ-standaard is de onderlinge compatibiliteit. Dat wil zeggen dat een RJ11 mannetje niet alleen in een RJ11 vrouwtje past, maar ook in een RJ12 of RJ45

vrouwtje. Natuurlijk worden dan alleen de middelste twee of vier contacten doorverbonden. Hetzelfde verhaal geldt voor een RJ12 mannetje: dit past zonder problemen in een RJ45 vrouwtje. Is dus uw nieuwe vaste telefoon voorzien van een RJ45 vrouwtje en heeft u een oude RJ11 kabel? Geen probleem, als beide fabrikanten zich aan de standaard houden, dan doet uw nieuwe telefoon het zonder problemen.

## UTP-kabels

**Getwiste kabels**
RJ-connectoren worden steeds met elkaar verbonden met UTP-kabels, de afkorting van '*__U__nshielded __T__wisted __P__air*'. De meest eenvoudige uitvoering van een UTP-kabel is voorgesteld in onderstaande figuur. Vier aders zijn zorgvuldig twee aan twee getwist en afgewerkt met een rubber mantel. Deze kabels worden gebruikt voor telefonie. Voor netwerk kabels hebt u achtaderige UTP-kabels nodig.



*De eenvoudigste uitvoering van een UTP-kabel. (© Infratel)*

**Kleurcodering**
De vier of acht aders van een UTP-kabel zijn gekleurd, zodat geen misverstanden kunnen ontstaan over welke aders tot één paar horen. Hiervoor is een standaard ontwikkeld:
- **Aderpaar 1:** oranje + oranje/wit
- **Aderpaar 2:** groen + groen/wit
- **Aderpaar 3:** blauw + blauw/wit
- **Aderpaar 4:** bruin + bruin/wit

Blijft uiteraard de vraag hoe deze maximaal acht aders op RJ-connectoren worden aangesloten.

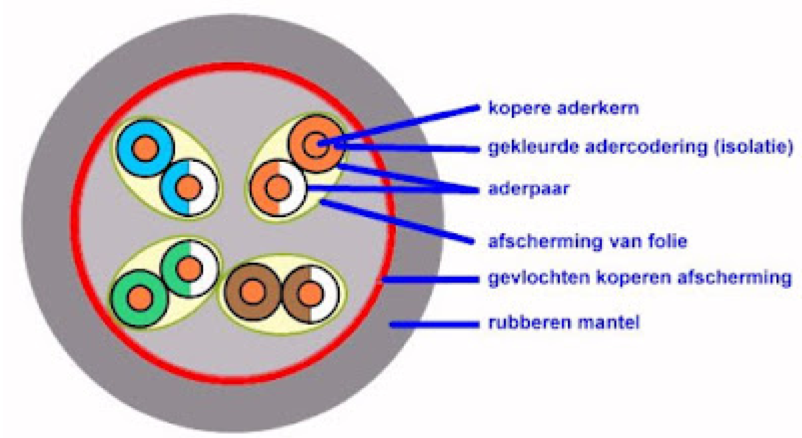
**UTP-categorieën**
UTP-kabels worden ingedeeld in categorieën. Die categorieën hebben alles te maken met de bandbreedte van de kabel ofwel, omgerekend naar telecommunicatie, de maximale data snelheid die door de aders kan. Die categorieën zijn zeer belangrijk bij de opbouw van een Ethernet netwerk, omdat zij de snelheid van het netwerk definiëren. In de loop der tijden zijn de onderstaande categorieën ontwikkeld en soms weer als verouderd afgeschaft:

- **Cat1**
  De Cat1 kabels hebben een bandbreedte van 1 MHz en zijn alleen bruikbaar voor analoge telefoons, analoge modems en RS232 communicatie. Dit type kabels zult u tegenwoordig alleen in de dump aantreffen.
- **Cat2**
  Hiervoor geldt hetzelfde verhaal. De bandbreedte bedraagt 4 MHz. Dergelijke kabels werden gebruikt voor netwerken volgens de IBM Type 3 standaard of voor 4 Mbit/s Token Ring netwerken.
- **Cat3**
  Dit type heeft een bandbreedte van 16 MHz en is bruikbaar voor oude Ethernet netwerken met een maximale capaciteit van 10 Mbit/s. Vaak treft u deze kabels echter nog wel aan in systemen die gedigitaliseerde spraak over grote afstanden verzenden.
- **Cat4**
  Cat4 haalt 20 MHz en wordt toegepast bij 10 Mbit/s Ethernet netwerken en 16 Mbit/s Token Ring netwerken.

- **Cat5**
  Cat5 is nog steeds een zeer populaire UTP-kabel. Dit type heeft een bandbreedte van 100 MHz en is geschikt voor alle Ethernet netwerken, met uitzondering van 1000base-T. De impedantie bedraagt 100 Ω, de soortelijke weerstand 9,4 Ω per 100 meter.
- **Cat5e**
  De 'e' staat voor *'extended'* en dit type kabel heeft iets betere eigenschappen dan zijn soortgenoot Cat5. Het gevolg is dat deze kabel zonder problemen kan worden gebruikt voor het samenstellen van een 1000base-T Ethernet netwerk. De bandbreedte bedraagt 100 MHz, de impedantie 100 Ω.
- **Cat6**
  Cat6 is op dit moment de meest gebruikte kabel uit de UTP-reeks. De bandbreedte bedraagt 250 MHz en dit model wordt dan ook aanbevolen voor het opbouwen van 1000base-T netwerken over grote afstanden.
- **Cat6a**
  Een Cat6a kabel haalt snelheden tot 10.000 Mbit/s en is geschikt voor 10-Gigabit netwerken. De doorvoersnelheid is 500 MHz.
- **Cat7**
  Een Cat7 kabel is gemaakt om snelheden tot 10 gigabit per seconde over de kabel te voeren met een overdracht frequentie van 600 MHz. Een Cat7 kabel heeft strikte specificaties tegen overspraak en ruis. De Cat7 kabel wordt door haar stabiele snelheid voornamelijk gebruikt voor computernetwerken, beveiligingssystemen en telefoondiensten. De Cat7 kabel is tevens ook te combineren met de Cat6, Cat5e, Cat5 en Cat3 kabelnormen.
- **Cat8**
  Cat8 is geschikt voor bandbreedtes tot 2 GHz (2.000 MHz) voor maximaal 30 meter bekabeling. Cat8 kan ook 25 Gbit/s en 40 Gbit/s snelheden ondersteunen. De fysieke verschijning van Cat8-kabel is vergelijkbaar met kabels van de lagere categorie en ook deze kabels eindigen nog steeds in RJ45-connectoren.

**De kabelconfiguratie**
UTP-kabels kunt u kopen in diverse prijsklassen. Het prijsverschil heeft meestal te maken met de manier waarop de aders in de kabel onderling zijn afgeschermd. Men heeft tot nu toe vijf standaarden ontwikkeld:

- **U/UTP**
  De 'U' staat hierbij voor *'unshielded'*. Inderdaad, deze kabel bevat geen enkele afscherming. De getwiste kabels zijn afgedekt met de rubber mantel en verder niets.
- **F/UTP**
  Onder de rubber mantel is een niet-geleidende folie afscherming aanwezig.
- **U/FTP**
  De aderparen zijn hierbij omwikkeld met folie, maar er is nog steeds geen afscherming aanwezig.
- **S/FTP**
  Onder de rubber mantel is één geleidende gevlochten afscherming aanwezig van dunne koperdraadjes. De aderparen zijn omwikkeld met folie. In onderstaande figuur is een doorsnede door deze kabel voorgesteld.
- **SF/UTP**
  Rond de mantel is een geleidende gevlochten koperen afscherming aanwezig. Daaronder bevindt zich een gewikkelde folie.



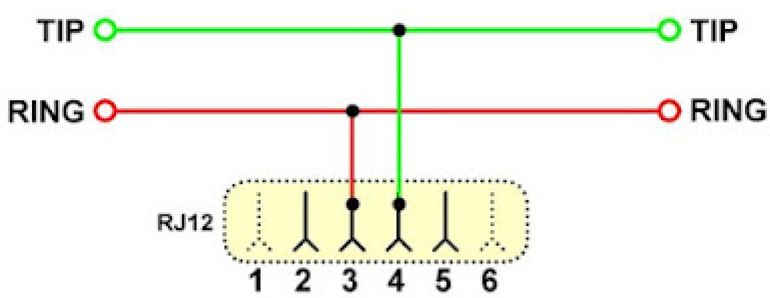
*Een doorsnede door een S/FTP-kabel. (© 2019 Jos Verstraten)*

## Bedradingsstandaarden

**Inleiding**
RJ/UTP-kabels worden toegepast voor het verbinden van telefoons, modems, fax-apparaten, netwerkonderdelen, etc. Ook op dit gebied heeft men (gelukkig) een aantal standaarden ontwikkeld waar men zich wereldwijd aan confirmeert.

**De EIA/TIA 568B bedradingsstandaard**
Bij deze standaard zijn de vier aderparen als volgt over de acht positions verdeeld:
- **Pen 1:** wit/oranje
- **Pen 2:** oranje
- **Pen 3:** wit/groen
- **Pen 4:** blauw
- **Pen 5:** wit/blauw
- **Pen 6:** groen
- **Pen 7:** wit/bruin
- **Pen 8:** bruin

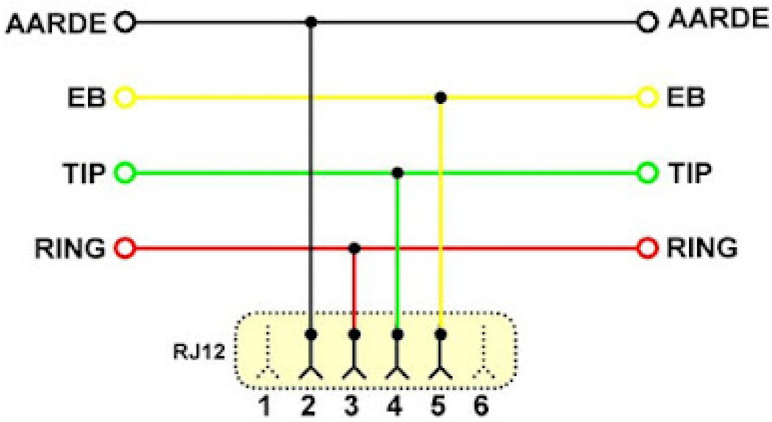
**De analoge vaste telefoon**
Een analoge vaste telefoon kan werken met twee aders. Deze worden in Amerika *'tip'* (T) en *'ring'* (R) genoemd. De T-ader heeft een groene kleur, de R-ader een rode kleur. Deze twee aders worden volgens de USOC RJ11 standaard op de RJ-connectoren aangesloten, waarbij de rode ader op position 3 zit en de groene op position 4. In onderstaande figuur ziet u hoe u een aftakking naar een RJ12-connector kunt maken op de twee aders van de PTT-lijn.



*Het aftakken van het PTT-signaal naar een RJ12-connector.*
*(© 2019 Jos Verstraten)*

**Een analoge telefoon met beldraad**
In de oeroude telefoons van de PTT was een derde ader noodzakelijk waarmee u een bel op een tweede toestel kon laten rinkelen om een gesprek door te schakelen. Deze EB-ader wordt bij achtpolige RJ12 connectoren aangesloten op position 7.

**Vieraderige telefoonkabels**
Vaak treft u vieraderige telefoonkabels aan. De twee extra aders hebben de kleuren zwart en geel en zijn noodzakelijk als u volgens de officiële PTT-normen een wisselinstallatie met twee toestellen opbouwt of een telefoon/fax combinatie wilt. Deze kabels zijn voorzien van RJ12 connectoren, waarbij de kleurcodering en aansluitgegevens volgen uit onderstaande figuur.




*Het aansluiten van de vier gekleurde aders van een standaard vieraderige telefoonkabel op een RJ12-connector. (© 2019 Jos Verstraten)*

**ISDN**
Bij de gewone huis, tuin en keuken ISDN wordt gebruik gemaakt van twee getwiste aderparen. Op de achtpolige RJ45 connector worden deze aangesloten op de pennen 3/6 en 4/5:

- **Pen 3:** Rx+, orange
- **Pen 4:** Tx-, blauw
- **Pen 5:** Tx+, wit/blauw
- **Pen 6:** Rx-, wit/oranje

ISDN stelt geen hoge eisen aan de kwaliteit van de kabel, Cat3 is voldoende.
De geschetste situatie is van toepassing als de ISDN-apparatuur rechtstreeks op de NT1 of een eenvoudige S-bus wordt aangesloten. Bij uitgebreide S-bus architectuur worden alle acht de positions van de RJ45 connector bedraad op dezelfde manier als dit bij Ethernet netwerken het geval is.

**RS232 communicatie**
Moderne RS232 apparatuur maakt eveneens gebruik van UTP-kabels met RJ45 connectoren. Maar hierbij moet u onderscheid maken tussen DTE- en DCE-apparatuur.
DTE staat voor *'**D**ata **T**erminal **E**quipment'*. Dat zijn eindapparaten die gebruikersinformatie omzetten in signalen of ontvangen signalen converteren. Deze kunnen ook wel staartcircuits worden genoemd. Een DTE-apparaat communiceert met een DCE, een *'**D**ata **C**ircuit-terminating **E**quipment'*. Meestal is de computer een DTE en het modem een DCE.
De verbindingen voor DTE zijn:

- **Pen 1:** Rx
- **Pen 2:** SG
- **Pen 3:** DTR
- **Pen 4:** NC
- **Pen 5:** NC
- **Pen 6:** Tx
- **Pen 7:** NC
- **Pen 8:** NC

De verbindingen voor DCE zijn:

- **Pen 1:** Tx
- **Pen 2:** SG
- **Pen 3:** DCD
- **Pen 4:** NC
- **Pen 5:** NC

- **Pen 6:** Rx
- **Pen 7:** NC
- **Pen 8:** NC

## Ethernet netwerken

### Inleiding

Het is vooral dank zij de verbreiding van Ethernet netwerken dat de RJ45-connector met UTP-kabel zo populair is geworden. Immers, zonder Ethernet zou er geen bedrade internet communicatie bestaan, zouden er geen netwerkprinters in grote kantoorgebouwen al het printwerk van alle afdelingen verzorgen en zou de longspecialist niet direct toegang hebben tot de röntgenfoto's van uw longen.
Er bestaan vijf versies van Ethernet, waarvan er drie gebruik maken van UTP-bekabeling:

**10base-T**
- **Naam:** Ethernet
- **Snelheid:** 10 Mbit/s
- **Kabel:** UTP Cat3
- **Connector:** RJ45
- **Lengte:** 100 m max.

**100base-TX**
- **Naam:** Fast Ethernet
- **Snelheid:** 100 Mbit/s
- **Kabel:** UTP Cat5
- **Connector:** RJ45
- **Lengte:** 100 m max.

**1000base-T**
- **Naam:** Gigabit Ethernet
- **Snelheid:** 1.000 Mbit/s
- **Kabel:** UTP Cat5e of Cat6
- **Connector:** RJ45
- **Lengte:** 100 m max

**10GBASE-T**
- **Snelheid:** 10 Gbit/s
- **Kabel:** UTP Cat6a (100 m)
- **Connector:** RJ45
- **Lengte:** 100 m max

**40GBASE-T**
- **Snelheid:** 40 Gb/s
- **Kabel:** UTP Cat8
- **Connector:** RJ45
- **Lengte:** 30 m max

### Rechtstreeks of via een hub

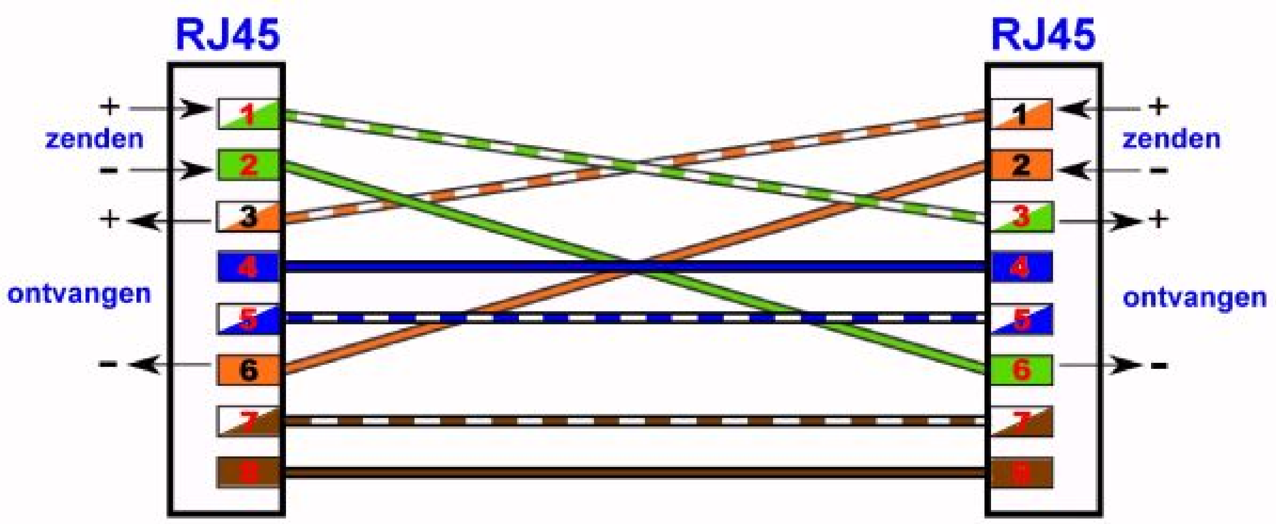
Bij een Ethernet netwerk kunt u twee PC’s rechtstreeks aan elkaar koppelen of u kunt gebruik maken van een configuratie waarbij alle PC’s naar een *'hub'* gaan. De hub is als het ware de telefooncentrale van het netwerk. Op zo'n hub kunt u overigens niet alleen PC’s aansluiten, maar ook een netwerkprinter, een kopieermachine, een scanner, een modem, enzovoort.
De bekabeling van de standaard achtaderige UTP-kabel met RJ45-connectoren is echter afhankelijk van het soort netwerk dat wordt opgebouwd. Een belangrijke opmerking, die vaak wordt vergeten en de oorzaak is van niet functionerende netwerken.

### PC naar PC: cross-over kabel

De simpelste configuratie van een Ethernet netwerk is het verbinden van twee PC's. De Ethernet printjes in de twee PC’s worden rechtstreeks met een UTP-kabel met RJ45-connectoren met elkaar verbonden. Maar, let op! Bij deze verbinding moet u een

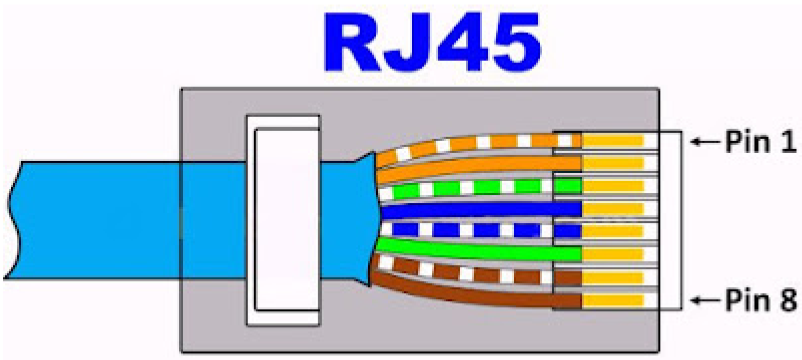
zogenaamde *'cross-over'* kabel toepassen. De aansluitcodering van een dergelijke kabel is geschetst in onderstaande figuur. Vier aders zijn dus kruiselings met de twee RJ45-connectoren verbonden:

- Pen 1 gaat naar pen 3
- Pen 2 gaat naar pen 6
- Pen 3 gaat naar pen 1
- Pen 6 gaat naar pen 2




*De onderlinge connecties in een cross-over kabel. (© 2019 Jos Verstraten)*

**PC naar contactdoos, patchpanel of hub: straight through kabel**
Als u gebruik maakt van een *'hub'*, een centraal kastje waar alle apparaten die met het netwerk zijn verbonden op worden aangesloten, moet u altijd gebruik maken van zogenaamde *'straight through'* kabels, waar alle gelijknamige pennen rechtstreeks met elkaar verbonden zijn.




*De bedrading in de twee RJ45-connectoren in een 'straight through' kabel. (© Handyman)*

## RJ en UTP bij audio en video

**Inleiding**
De bandbreedte van een UTP-kabel is groot genoeg voor het verzenden van audio en video. Bovendien kunt u over één achtaderige UTP-kabel vier signalen verzenden. Normaal zijn daar vier coaxiale kabels voor nodig. Het prijsverschil tussen vier coax-kabels en één UTP-kabel is, zeker als de afstand aanzienlijk is, vrij groot. Vandaar dat er een bloeiende markt is ontstaan in oplossingen waarmee u audio en video over UTP kunt versturen.

**Analoge audio**
De EIA/TIA 568A standaard eist een overspraak van minder dan -50 dB bij 4 MHz. Bij 20 kHz blijkt uit testen met goede Cat5e kabel dat er helemaal geen overspraak te meten is. Tevens

eist de standaard voor analoge audiokabels een maximale kabelcapaciteit van 60 pF/m tot 150 pF/m terwijl Cat5 kabel met zijn gegarandeerd lagere capaciteit dan 60 pF/m dus ook een stuk beter is.

**Digitale audio**
De AES/EBU standaard vereist een impedantie van 110 Ω ±20 %. Cat5 kabel met zijn 100 Ω ±15 % valt daar perfect binnen. AES/EBU eist verder dat de overspraak tussen de kabelparen kleiner is dan -30 dB. Cat5 kabel heeft een overspraak van minder dan -45 dB bij 10 MHz. Aangezien AES/EBU bij 48 kHz sample frequentie een bandbreedte heeft van slechts 6,144 MHz wordt ook hier aan voldaan. Op één punt voldoet Cat5 kabel niet aan de standaard. AES/EBU eist afgeschermde kabel en UTP is niet afgeschermd. Maar daar is wat aan te doen. De kwaliteit van de signaaloverdracht is afhankelijk van de balancering van het signaal. Zorg dus steeds dat aan het begin en het einde van de kabel gebalanceerde bronnen en ontvangers zitten. Indien dit niet zo is, dan zal de UTP-kabel signaal uitstralen en storingen oppikken.

**De balun: van asymmetrisch naar symmetrisch**
Het op te lossen probleem is dus de asymmetrie van audio- en videosignalen en de symmetrie van UTP-kabel. Audio- en videosignalen zitten immers op een *'hete'* ader en de signalen worden gerefereerd naar de *'koude'* ader, de massa GND. UTP werkt echter symmetrisch met getwiste aderparen. Het is niet mogelijk asymmetrische signalen over een symmetrische kabel te verzenden. De begrippen asymmetrisch en symmetrisch worden soms ook gebalanceerd en ongebalanceerd genoemd. De oplossing voor het probleem is een zogenaamde *'balun'*, een woord dat is samengesteld uit de woorden *'**bal**ance'* en *'**un**balance'*. Een balun bestaat in de meest simpele uitvoering uit een trafo, die primair gevoed wordt met het asymmetrische audio- of videosignaal en secundair op een symmetrische UTP-kabel kan worden aangesloten. Voor het maken van een audio- of videoverbinding via een UPT-kabel hebt u uiteraard twee van dergelijke balun's nodig. De ene zet de asymmetrische signalen om in symmetrische signalen voor het voeden van de UTP-kabel, de tweede zet de symmetrische signalen weer om in asymmetrische signalen. Dergelijke balun's zijn spotgoedkoop. U betaalt er in de meeste gevallen nog geen tientje voor.



*Met twee video-balun's kunt u vier video-signalen via
één UTP-kabel over een afstand van 350 meter versturen. (© Banggood)*

**Video, audio en voeding over één UTP-kabel**
Bewakingscamera's worden vaak opgehangen op plaatsen waar geen netspanning aanwezig is. Het bedraden van dergelijke camera's is dus soms een groot probleem. De camera's leveren immers een analoog audio- en video-signaal en moeten gevoed worden uit een 12

$V_{dc}$ spanning. Dank zij het balun-principe kunt u dergelijke problemen oplossen. Met de in onderstaande foto voorgestelde balun's kunt u de audio- en video-signalen én de 12 V voeding allemaal versturen via één kabel. Prijs? Amper € 5,00 per set!



*Audio, video en 12 V voeding over één UTP-kabel met RJ45-connectoren. (© Banggood)*